

Науково-технічні проблеми нафтогазової інженерії

УДК 622.43.92

DOI: 10.31471/1993-9868-2021-2(36)-23-30

АНАЛІЗ РОБОТИ СТУПІНЧАСТИХ КНБК З ВИКОРИСТАННЯМ ОБМЕЖУВАЧА ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ ДЛЯ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН ДІАМЕТРОМ 393,7 мм

І. В. Воєвідко, А. І. Різничук, В. В. Токарук, І. Ю. Піруг

*ІФНТУНГ; 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел. (0342) 727137,
e-mail: drill@nuing.edu.ua*

За результатами аналізу теоретичних і практичних досліджень буріння стовбурів великого діаметра запропоновано методику проектування компоновок низу бурильної колони з двома породоруйнівними інструментами, що враховує геологічні і технічні фактори, які мають вплив на формування траєкторії свердловини. Обґрунтовано перспективи керування напрямком стовбура свердловини з використанням обмежувача величини ексцентриситету. Проведено розрахунок двовибірних компоновок низу бурильної колони при різних діаметрах обмежувачів ексцентриситету, які дозволяють досягнути ексцентриситету 10, 20, 30 і 40 мм. Проведено аналіз роботи зазначених компоновок низу бурильної колони в процесі буріння свердловини до глибини 900 м. Наведено аналіз в області спорудження глибоких свердловин великого діаметра та обґрунтовано ефективність буріння пілотного стовбура меншого діаметра з одночасним формуванням кінцевого діаметра з допомогою розширювача. Наведено короткий аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій, що стосуються розширення пілотного стовбура свердловини, а також розглянуто вплив ексцентриситету розширення на пружно-деформаційний стан компоновки низу бурильної колони і, як результат, на процес викривлення свердловини. Зроблено висновок про можливість використання явища ексцентричного розширення для керування траєкторією стовбура свердловини. Наведено графічні залежності зміни інтенсивності викривлення свердловини при поглибленні з використанням обмежувача ексцентриситету для конкретної компоновки низу бурильної колони, що включає долото діаметром 295,3 мм і розширювач розміром 393,7 мм. Показано, що з такого типу компоновкою при різних значеннях ексцентриситету можна досягти інтенсивності викривлення свердловини в діапазоні від 0 град/10 м до 0,44 град/100 м. Наведено графічні залежності зміни ексцентриситету з поглибленням свердловини при бурінні в породах з боровим індексом анізотропії 0,0075, які свідчать про зміну напрямку і величини ексцентриситету в процесі буріння. Наведено графічні залежності зміни зенітного кута свердловини з її поглибленням для компоновки низу бурильної колони з різними діаметрами обмежувача ексцентриситету. Графічні залежності свідчать, що при використанні обмежувачів різних розмірів, які дозволяють керувати ексцентричним зміщенням розширювача на кінцевій глибині буріння ділянки 500 м, можна зменшити зростання зенітного кута свердловини з 17,5 град до 10 град. Зроблено висновок про те, що, використовуючи обмежувачі величини ексцентричного зміщення розширювача по відношенню до пілотного стовбура, можна керувати викривленням свердловини при спорудженні її умовно вертикальних і похило спрямованих ділянок.

Ключові слова: методика проектування, розподіл осьового навантаження, породоруйнівні елементи, розширювач, геологічний фактор, викривлення свердловини, ексцентриситет.

По результатам анализа теоретических и практических исследований бурения стволов большого диаметра предложена методика для проектирования компоновок низа буровой колонны с двумя породоразрушающими инструментами, учитывающая геологические и технические факторы, оказывающие влияние на формирование траектории скважины. Обоснованы перспективы управления направлением ствола скважины, с использованием ограничителя величины эксцентриситета. Произведен расчет двузабойных компоновок низа буровой колонны при различных диаметрах ограничителей эксцентриситета, позволяющих достичь эксцентриситета 10, 20, 30 и 40 мм. Проведен анализ работы указанных компоновок низа буровой колонны при бурении скважины до глубины 900 м. Приведен анализ в области сооружения глубоких буровых скважин большого диаметра и обоснована эффективность бурения пилотного ствола меньшего диаметра с одновременным формированием конечного диаметра с помощью расширителя. Представлен краткий анализ современных зарубежных и отечественных исследований и публикаций, касающихся расширения пилотного ствола скважины, а также рассмотрено влияние эксцентриситета расширения на упруго-деформационное состояние компоновки низа буровой колонны и, как результат, на процесс искривления скважины. Сделано заключение о возможности использования явления эксцентричного расширения для управления траекторией ствола скважины. Приведены графические зависимости изменения интенсивности искривления скважины при углублении с использованием эксцентриситета ограничителя для конкретной компоновки низа буровой колонны, включающей долото с диаметром 295,3 мм и расширитель с размером 393,7 мм. Показано, что с такого типа компоновкой при разных значениях эксцентриситетах, можно достичь интенсивности искривления скважины в диапазоне от 0 град/10 м до 0,44 град/100 м. Приведены графические зависимости изменения эксцентриситета с углублением буровой скважины в породах с буровым индексом анизотропии 0,0075, свидетельствующие об изменении направления и величины эксцентриситета в процессе бурения. Приведены графические зависимости изменения зенитного угла скважины при углублении ее для компоновки низа буровой колонны с различными диаметрами ограничителя эксцентриситета. Графические зависимости свидетельствуют, что при использовании ограничителей разных размеров, позволяющих управлять эксцентрическим смещением расширителя на конечной глубине бурения участка 500 м, можно снизить рост зенитного угла скважины от 17,5 град до 10 град. Сделан вывод о том, что, используя ограничители величины эксцентричного смещения расширителя по отношению к пилотному стволу, можно управлять искривлением скважины при сооружении условно вертикальных и наклонно направленных участков.

Ключевые слова: методика проектирования, распределение осевой нагрузки, два породоразрушающих элемента, расширитель, геологический фактор, искривление скважины, эксцентриситет.

Based on the results of the analysis of theoretical and practical studies of drilling large diameter boreholes, a method is proposed for designing the bottom hole assembly with two rock cutting tools, taking into account geological and technical factors that influence the formation of the well trajectory. Prospects for controlling the direction of the wellbore are substantiated using the limiter of the eccentricity value. The calculation of double-hole assemblies of the bottom of the drill string with different diameters of eccentricity limiters, allowing to achieve eccentricities of 10 mm, 20 mm, 30 mm and 40 mm has been performed. The analysis of the operation of the mentioned bottom hole assemblies when drilling a well to a depth of 900 m is carried out. The analysis is carried out in the field of construction of deep boreholes of large diameter and the efficiency of drilling a pilot hole of a smaller diameter with simultaneous formation of the final diameter using a reamer is substantiated. A brief analysis of modern foreign and domestic studies and publications related to the expansion of the pilot wellbore is presented, as well as the influence of the expansion eccentricity on the elastic-deformation state of the BHA and, as a result, on the deviation of the well is considered. A conclusion is made about the possibility of using the phenomenon of eccentric expansion to control the trajectory of the wellbore. The graphical dependences of the change in the intensity of the borehole deviation during deepening using the eccentricity of the limiter for a specific BHA, including a bit with a diameter of 295.3 mm and a reamer with a size of 393.7 mm, are shown. It is shown that with this type of arrangement at different values of eccentricities, it is possible to achieve the intensity of borehole curvature in the range from 0 deg/10 m to 0.44 deg/100 m, 0075, indicating a change in the direction and magnitude of eccentricity during drilling. The graphical dependences of the change in the zenith angle of the well when deepening it for the assembly of the bottom of the drill string with different diameters of the eccentricity limiter are given. The graphical dependencies indicate that when using stops of different sizes, which make it possible to control the eccentric displacement of the reamer at the final drilling depth of a section of 500 m, it is possible to reduce the increase in the zenith angle of the well from 17.5 degrees to 10 degrees. It is concluded that by using the limiters of the eccentric displacement of the expander relative to the pilot borehole, it is possible to control the deviation of the well during the construction of conditionally vertical and inclined sections.

Key words: design technique, axial load distribution, two rock-destroying elements, expander, geological factor, well curvature, eccentricity.

Вступ

У процесі спорудження глибоких свердловин передбачається опускання одно- або дво-розмірних колон великого діаметра (324 мм і більше) на значну глибину, що робить необхід-

ним проведення стовбурів діаметром понад 393,7мм. Буріння ділянок такого діаметра можливе із застосуванням доліт великого діаметра, роторно-турбінних бурів або розширенням попередньо пробурених стовбурів меншого ді-

метра долотами більшого розміру. Проте найбільш ефективним, з огляду на техніко-економічні показники, є використання одночасно двох породоруйнівних інструментів – пілот-долота для формування стовбура меншого діаметра і розширювача для утворення стовбура кінцевого діаметра. Ступеневий вибір дозволяє підвищити швидкість буріння за рахунок зменшення площі фронтального руйнування породи долотом і утворення зони попереднього руйнування на кільцевому вибої [2, 4, 8, 10].

Аналіз закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Вперше процес розширення пілотного стовбура свердловини вивчався такими дослідниками, як Р. С. Яремійчук, Л. А. Райхерт та І. М. Фриз. Ними було встановлено, що зазначений процес при бурінні в анізотропних породах відбувається ексцентрично [7].

При бурінні з використанням пілотної компоновки і за наявності ексцентричного розширення верхня частина ОБТ відхиляється в пілотному стовбурі від його осі [9, 13].

Кут відхилення залежить від величини ексцентриситету розширення ϵ і відстані від долота до розширювача. Це явище можна використовувати для керування траєкторією пілотного стовбура в площині ексцентричного розширення [9].

У ході досліджень І. М. Фризом було розглянуто процес формування ексцентричного зміщення долота відносно розширювача в шаруватих похило залягаючих гірських породах [9].

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Основним фактором, що має вплив на виникнення ексцентричного зміщення розширювача (РШ), є наявність на долоті і розширювачі відхиляючих сил, різних за величиною і напрямком. В роботі [2, 7] представлено формули, використання яких дозволяє визначити величину відхиляючої сили на кожному з породоруйнівних інструментів, що виникає внаслідок дії анізотропності гірських порід і їх твердості [11, 12]:

Також варто враховувати, що різниця між механічними властивостями може проявлятися не тільки в шаруватих породах, але й в породах із строго орієнтованою системою тріщин. В таких породах опір руйнуванню вздовж площин тріщинуватості також вищий, ніж в перпендикулярному напрямку [7], так ізотропні тріщинуваті породи можуть поводити себе як анізотропні.

Використання запропонованих згаданими авторами методик дає можливість підібрати КНБК відповідно до завдань спрямованого буріння шляхом встановлення опорно-центрального елемента (ОЦЕ) на певній відстані від долота. Зміна положення ОЦЕ між породоруйнівними елементами матиме вплив на баланс перекидаючих моментів і, відповідно, дозволить проводити умовно вертикальну ділянку стовбура свердловини або здійснювати буріння зі збільшенням або зменшенням інтенсивності викривлення [7, 13].

Проте, використання такої методики розрахунку не дозволяє повною мірою оцінити роботу двовибірної КНБК, оскільки не враховано вплив напружено-деформаційного стану компоновки і зміну ексцентричного зміщення розширювача з поглибленням [2, 7, 13].

Отже, для максимально точного результату розрахунку КНБК з двома породоруйнівними інструментами варто враховувати дію геологічних і технічних факторів на долото і розширювач, а також періодично уточнювати зміни ексцентричного зміщення основного стовбура свердловини відносно пілотного в процесі поглиблення і водночас його вплив на зміну напружено-деформаційного стану КНБК [2, 7, 13].

Формулювання цілей статті

Для вирішення задач спрямованого буріння запропоновано методику проектування КНБК з двома породоруйнівними інструментами і представлено результати розрахунку такого типу компоновок з різними величинами зміщення ексцентриситету розширювача. Отже, метою цієї статті є висвітлення методики проектування ступінчастих КНБК з використанням обмежувача ексцентриситету для буріння свердловин діаметром 393,7 мм.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Відповідно за розробленої авторами методики цикл розрахунку КНБК (на певному інтервалі) проходить у чотири етапи [8]:

- 1) розраховується розподіл осьового навантаження між долотом і розширювачем;
- 2) проводиться оцінка напружено-деформаційного стану компоновки низу бурильної колони з двома породоруйнівними елементами: розраховуються геологічні відхиляючі сили на породоруйнівних елементах, визначаються результуючі відхиляючі сили на долоті і розширювачі.
- 3) розраховується ексцентриситет на розширювачі і долоті;

4) визначається інтенсивність викривлення свердловини.

На першому етапі розраховується розподіл осевого навантаження між долотом і розширювачем.

На другому етапі, використовуючи метод розв'язування диференціальних рівнянь вигнутої осі компоновки, проводиться розрахунок напружено-деформаційного стану КНБК з двома породоруйнучими елементами і, як результат, визначається технічні відхиляючі сили на її контактних елементах [5, 9].

Також розраховуються геологічні відхиляючі сили на породоруйнівних елементах, враховуючи твердість породи, буровий індекс анізотропії, кут падіння пластів [13]:

$$F_{g.l.b} = 0.5 \cdot \sigma_r \cdot S_b \cdot h \cdot \sin 2(\gamma - \alpha), \quad (1)$$

$$F_{g.l.ho} = 0.5 \cdot \sigma_r \cdot S_{ho} \cdot h \cdot \sin 2(\gamma - \alpha), \quad (2)$$

де σ_r – твердість породи по штампу;

S_b, S_{ho} – площа контактної поверхні відповідно долота і розширювача з вибоєм;

h – буровий індекс анізотропії гірської породи;

γ – кут падіння породи;

α – зенітний кут нахилу свердловини.

В результаті визначаються результуючі відхиляючі сили на долоті і розширювачі за різницею технічної і геологічної складових, що діють на відповідний елемент. Вказані складові були визначені в процесі розрахунку на другому і третьому етапах відповідно:

$$F_{r.l.} = F_{g.l.} - F_{t.l.}, \quad (3)$$

де $F_{g.l.}, F_{t.l.}$ – геологічна і технічна відхиляючі сили.

На третьому етапі розраховується ексцентриситет на розширювачі шляхом визначення бокових зміщень на породоруйнівних елементах з врахуванням даних, отриманих за формулою (3) [1, 3, 6]:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{0.5 \cdot L_{pt} \cdot n_p \cdot n_c \cdot F_{r.l.} \cdot K_p \cdot n}{R \cdot h_{sh}}, \quad (4)$$

де L_{pt} – діаметр зубця та його довжина траєкторії руху;

n_p, n_c – кількість зубців на периферійному вінці шарошки, і кількість шарошок на породоруйнівному елементі;

$F_{r.l.}$ – результуюча відхиляюча сила;

K_p – кутовий коефіцієнт, обернено-пропорційний твердості породи по штампу;

n – кількість обертів шарошок;

R – радіус породоруйнучого елемента;

h_{sh} – висота опорної поверхні.

Величина ексцентриситету визначається за такою залежністю:

$$\varepsilon = h_{ho} - h_b, \quad (5)$$

де h_b, h_{ho} – відповідно бокове зміщення на долоті і розширювачі.

На четвертому етапі визначається інтенсивність викривлення свердловини і її напрямок [5, 9]:

$$\frac{d\alpha}{dS} = \frac{2}{L} \Phi_\alpha = \frac{2}{L} \left(\beta_0 + k \frac{F_{t.l.}}{P} \cos \rho + \frac{h}{2} \sin 2\omega \cos \sigma \right), \quad (6)$$

де L – довжина спрямовуючої ділянки від долота до першої точки контакту КНБК зі стінкою свердловини;

$\beta_0 = \frac{D_b - D_c}{2 \cdot L}$ – кут неспіввісності;

D_b, D_c – діаметр долота і опорно-центруючого елемента відповідно;

k – коефіцієнт фрезеруючої здатності долота;

$F_{t.l.}, P$ – відповідно відхиляюча сила і осьове навантаження на долото;

h – буровий індекс анізотропії;

$$\omega = \arcsin \left\{ \frac{\cos[\alpha - \arctg(\operatorname{tg} \gamma \cos \varphi_n)] \cos \gamma}{\cos[\arctg(\operatorname{tg} \gamma \cos \varphi_n)]} \right\}$$

– кут зустрічі долота з площиною пласта геологічної структури;

γ – кут падіння пластів;

φ_n – напрям свердловини по відношенню до підняття пластів;

$$\sigma = \arcsin \left(\frac{\sin \gamma \sin \varphi_n}{\cos \omega} \right) \text{ – кут між апсида-$$

льною площиною і площиною дії відхиляючого фактора анізотропії.

Провівши ці розрахунки, отримуємо уточнені значення ексцентриситету і інтенсивності викривлення свердловини, а отже, і зенітного кута. При стартовому розрахунку КНБК допускаємо, що величина ексцентриситету ε рівна 0. Для розрахунку наступного інтервалу використовуємо значення останнього циклу розрахунку, що дозволяє провести поінтервальне моделювання процесу поглиблення свердловини і відстежити зміну основних параметрів (при виборі відповідної середньої механічної швидкості буріння в певних породах, отриманої шляхом аналізу промислових даних, використовуючи кількість обертів бурильної колони за певний період) [1].

Користуючись описаною вище методикою, було проведено оцінку НДС КНБК із двома по-

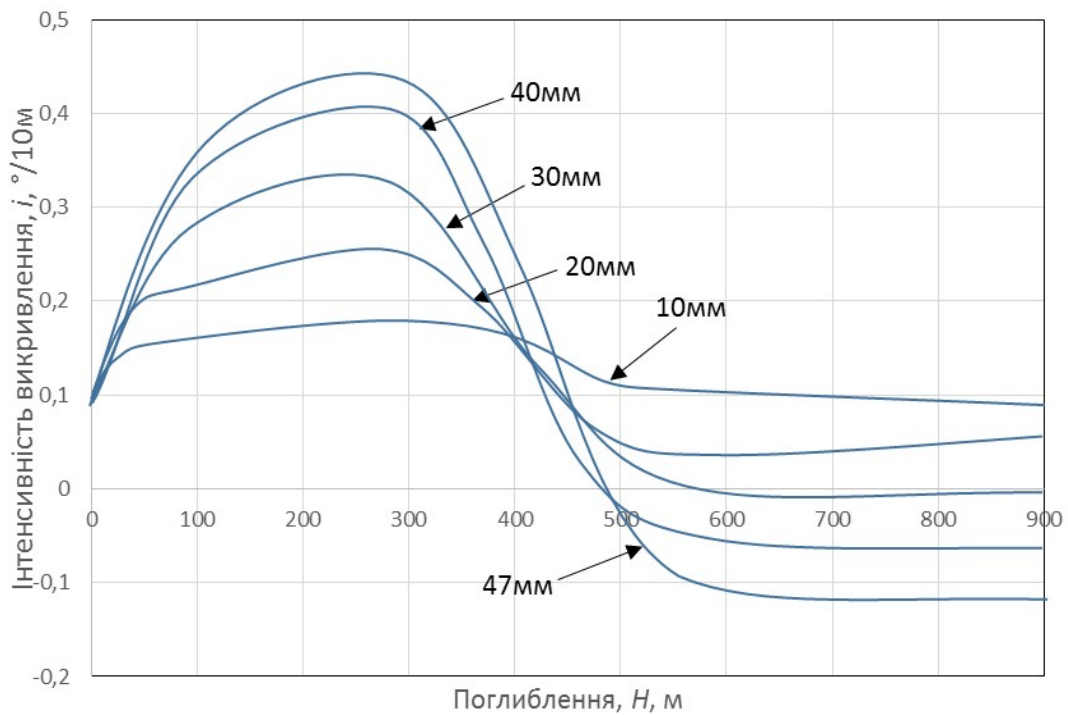


Рисунок 1 – Зміна інтенсивності викривлення з поглибленням для КНБК із різними діаметрами обмежувача ексцентриситету

родоруйнуючими елементами для різного співвідношення діаметра долота і розширювача з двома опорноцентруючими елементами, при однакових геологічних умовах.

Як показує досвід буріння свердловин із двома породоруйнівними елементами, розширення пілотного стовбура відбувається ексцентрично [3]. Це явище дозволяє здійснювати керування напрямком стовбура свердловини в процесі буріння, використовуючи обмежувач величини ексцентриситету і встановлюючи ОЦЕ над РШ і долотом.

Проаналізуємо роботу безопорних КНБК із двома породоруйнівними інструментами, оскільки для них характерним є широкий діапазон зміни інтенсивності викривлення в процесі поглиблення свердловини.

Щоб досягти значення зенітного кута, меншого за наведений на графіках нижче, можна використовувати обмежувач ексцентриситету у вигляді перехідника, який встановлюється під розширювачем. На рисунку 1 наведено графічні залежності зміни інтенсивності викривлення з поглибленням для КНБК – долото діаметром 295,3 мм, ОБТ 203 мм – 5 м, розширювач діаметром 393,7 мм, ОБТ 203 мм, для порід з індексом анізотропії 0,0075, для різних діаметрів обмежувачів, які дозволяють досягнути наступних величин ексцентриситету: 10 мм, 20 мм, 30 мм, 40 мм.

На рисунку 2 наведено графічні залежності зміни ексцентриситету з поглибленням для різних діаметрів обмежувачів ексцентриситету.

Аналізуючи ці графіки, можна зробити висновок, що встановлення обмежувача ексцентриситету не чинить значного впливу на зміну форми кривої, а тільки змінює максимальну величину ексцентричного зміщення. Це дозволяє прогнозувати зміну величини інтенсивності викривлення i , відповідно, проміжного зенітного кута.

На рисунку 3 зображено залежності зміни зенітного кута з поглибленням для цієї КНБК із відповідними діаметрами обмежувачів.

Можна зробити висновок, що встановлення обмежувача ексцентриситету дозволяє значно зменшити зенітний кут на кінцевій глибині буріння ділянки довжиною 900 м, а саме:

без використання обмежувача, зенітний кут досягає значення 17,5°;

обмежувач ексцентриситету на величині 40 мм – зенітний кут досягає значення 17°;

обмежувач ексцентриситету на величині 30 мм – зенітний кут досягає значення 14,5°;

обмежувач ексцентриситету на величині 20 мм – зенітний кут досягає значення 12,5°;

обмежувач ексцентриситету на величині 10 мм – зенітний кут досягає значення 10°.

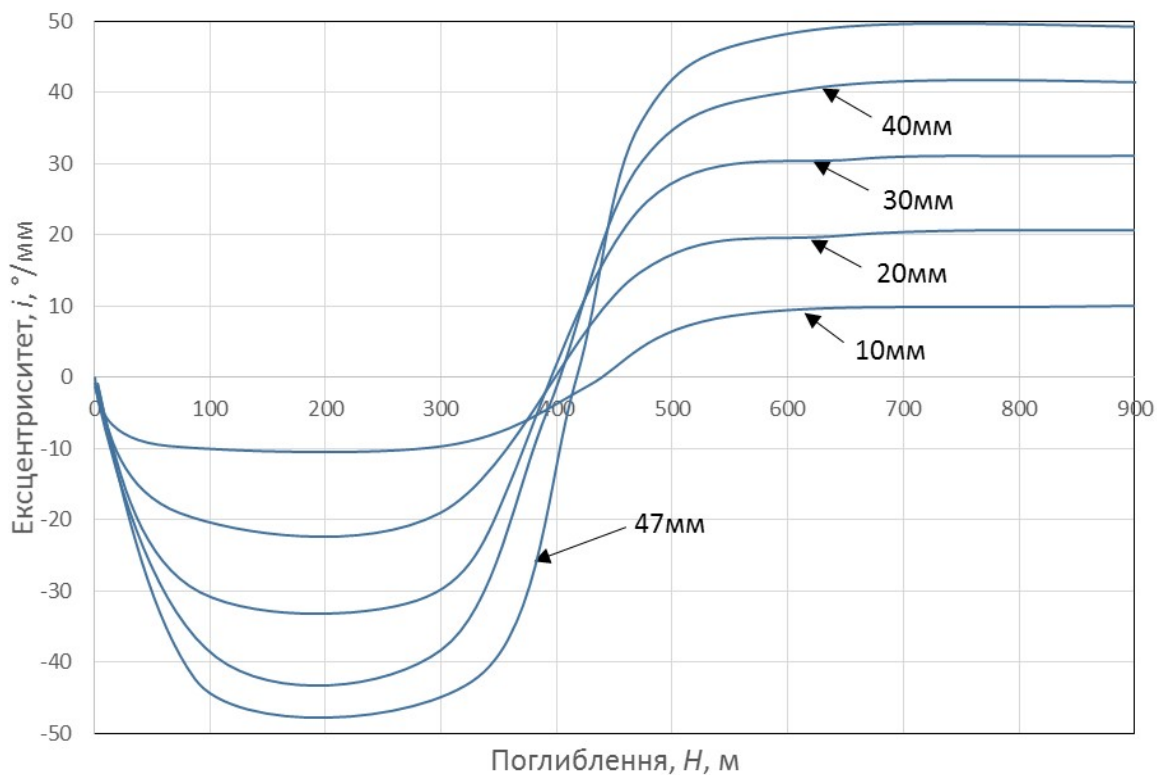


Рисунок 2 – Зміна ексцентриситету з поглибленням для КНБК із різними діаметрами обмежувачів

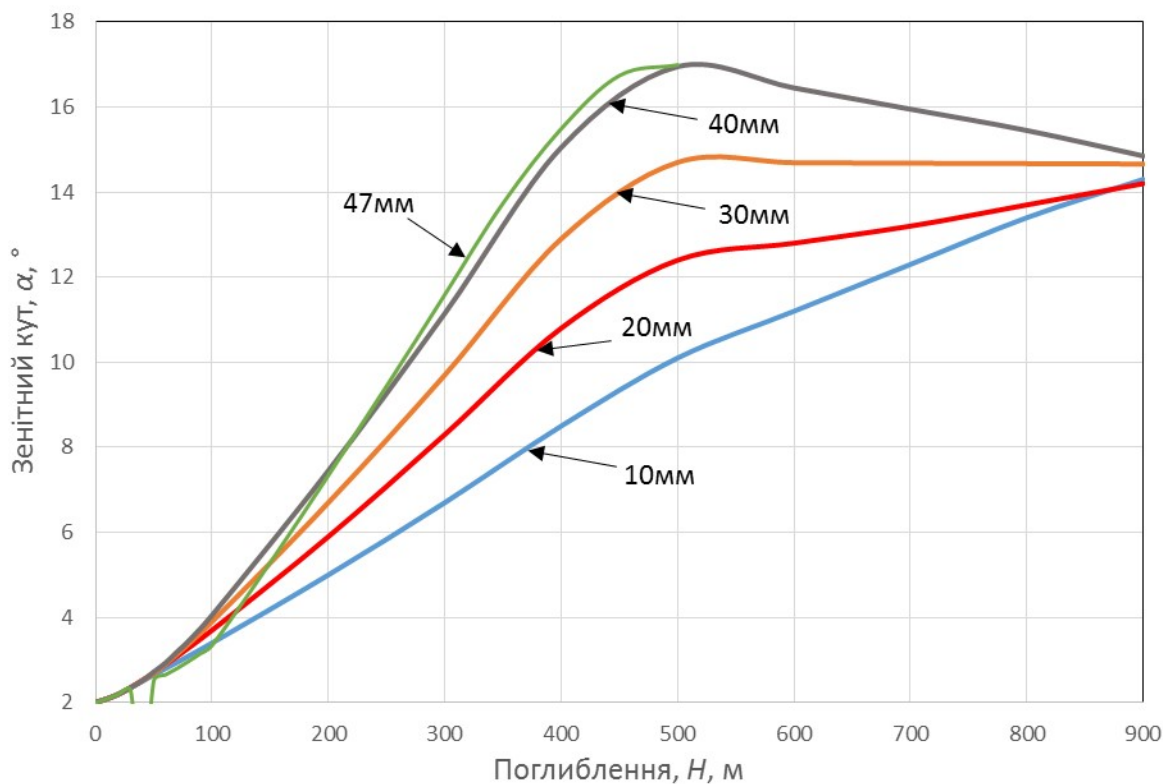


Рисунок 3 – Зміна зенітного кута з поглибленням для КНБК із різними діаметрами обмежувача ексцентриситету

На рисунку 3 показано максимальні значення відхиляючих сил на долоті і розширювачі, які дозволяють досягнути КНБК, розглянуті в цьому розділі. Вказано мінімальні і максимальні величини інтенсивності викривлення для цих компонок і визначено приріст зенітного кута на інтервалі буріння довжиною 500 метрів для КНБК з двома породоруйнівними інструментами, використання яких дозволяє здійснювати буріння з набором або спадом зенітного кута.

Висновки

На основі проведеного критичного аналізу інформаційних джерел стосовно буріння стовбурів великого діаметра ступінчастими КНБК, до складу яких входить два породоруйнівні інструменти (долото і розширювач), запропоновано методику, яка дозволяє здійснювати розрахунок КНБК для спрямованого буріння з врахуванням дії технічних та геологічних факторів. На основі запропонованої методики проведено розрахунок і аналіз різних варіантів двовибірних компонок. Розглянуто конкретні варіанти компонок для проведення умовно вертикальних і похило скерованих свердловин діаметром 393,7 мм з використанням обмежувача ексцентриситету. Встановлено, що, використовуючи обмежувачі величини ексцентричного зміщення розширювача по відношенню до пілотного стовбура, можна керувати викривленням свердловини при спорудженні її умовно вертикальних і похило спрямованих ділянок.

Література

1. Буримов Ю.Г. Копылов А.С., Орлов А.В. Бурение верхних интервалов глубоких скважин большого диаметра. М.: Недра, 1975. 231 с.
2. Воевидко И. В., Ризнычук А. И., Марцынків О. Б., Стецюк Р. Б. Исследование кинематики и закономерности износа рабочих органов шарошечных калибрующих устройств. *Вестник Белорусско-Российского университета*. Могилёв. Республика Беларусь. 2021. №1(20). С. 5 – 12.
3. Воевидко И.В., Токарук В.В. Разработка компонок низа бурильной колонны для бурения условно вертикальных скважин диаметром 660 мм. *Вестник Белорусско-Российского университета*. 2018. №1. С. 112-120.
4. Воевідко І.В. Розробка науково-методичних основ та технічних засобів для підвищення точності проведення нафтогазових свер-

дловин в заданому напрямі. Дисертація ... докт. технічних наук. Івано-Франківськ, 2007. 353 с.

5. Воевідко І.В., Токарук В.В., Бодзян М.А. Проектування компонок низу бурильної колони з двома породоруйнівними інструментами для буріння свердловин в заданому напрямку. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2018. №2 (67). С. 14-20.
6. Гулизаде М.П., Мамедбеков О.К. Расчёт темпа пространственного искривления наклонных скважин при бурении неориентированными КНБК. *Теория и практика бурения наклонных скважин*. Баку: Изд. АЗИНЕФТЕХИМа, 1982. Вып. 1. 63 с.
7. Райхерт Л.А., Фрыз И.М. Направленное бурение скважин в анизотропных породах роторным способом ступенчатыми КНБК. *Труды ВНИИБТ*. 1985. Вып. 61.
8. Токарук В.В. Удосконалення теоретичних засад і технічних засобів для проведення спрямованих свердловин великого діаметру. 2019. PhD Thesis. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.
9. Фрыз И. М. Разработка ступенчатых компонок для бурения вертикальных скважин в анизотропных породах: на примере месторождений Прикарпатья : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1986. 211 с.
10. Хречин Е.Х. Расчеты неориентируемых компонок для бурения наклонных и горизонтальных скважин. Тюмень: Нефтегазовый университет, 2006.
11. Шрейнер Л.А. Физические основы механики горных пород. М.: Гостоптехиздат, 1950. 211 с.
12. Янтурин Р. А. Совершенствование методов расчетов параметров компонок низа бурильной колонны и их элементов для безориентированного бурения: дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. Уфа, 2005.
13. Яремийчук Р.С., Райхерт Л.А. Бурение стволов большого диаметра. М.: Недра. 1977. 174 с.

References

1. Burimov Yu.G. Kopyilov A.S., Orlov A.V. Burenie verhnih intervalov glubokih skvazhin bolshogo diametra. M.: Nedra, 1975. 231 p. [in Russian]
2. Voevidko I. V., Riznyichuk A. I., Marcyukiv O. B., Stetsyuk R. B. Issledovanie kinematiki i zakonornosti iznosa rabochih organov sharoshechnyih kalibruyuschih ustroystv. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta*. Mogiliov.

Respublika Belarus. 2021. No 1(20). P. 5 – 12. [in Russian]

3. Voevidko I.V., Tokaruk V.V. Razrabotka komponovok niza burilnoy kolonny dlya bureniya uslovno vertikalnykh skvazhin diametrom 660mm. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta*. 2018. No 1. P. 112-120. [in Russian]

4. Voievidko I.V. Rozrobka naukovometodychnykh osnov ta tekhnichnykh zasobiv dlia pidvyschennia tochnosti provedennia naftohazovykh sverdlovyn v zadanomu napriami. *Dysertatsiia ... dokt. tekhnichnykh nauk*. Ivano-Frankivsk, 2007. 353 p. [in Ukrainian]

5. Voievidko I.V., Tokaruk V.V., Bodzian M.A. Proektuvannia komponovok nyzu burylnoi kolony z dvoma porodoriivnymi instrumentamy dlia burinnia sverdlovyn v zadanomu napriamku. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh rodovysch*. 2018. No 2 (67). P. 14-20. [in Ukrainian]

6. Gulizade M.P., Mamedbekov O.K. RaschYot tempa prostranstvennogo iskrivleniya naklonnykh skvazhin pri burenii neorientirovannyimi KNBK. *Teoriya i praktika bureniya naklonnykh skvazhin*. Baku: Izd. AzINEFTEHIMa, 1982. Vol.1. 63 p. [in Russian]

7. Rayhert L.A., Fryiz I.M. Napravlenoe burenie skvazhin v anizotropnykh porodah rotornym sposobom stupenchatyimi KNBK. *Trudy VNIIBT*. 1985. Vol. 61. [in Russian]

8. Tokaruk V.V. Udoskonalennia teoretichnykh zasad i tekhnichnykh zasobiv dlia provedennia spriamovanykh sverdlovyn velykoho diametru. 2019. PhD Thesis. Ivano-Frankivskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet nafty i hazu. [in Ukrainian]

9. Fryiz I. M. Razrabotka stupenchatykh komponovok dlya bureniya vertikalnykh skvazhin v anizotropnykh porodah: na primere mestorozhdeniy Prikarpatya : dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tehnikeskikh nauk. Moskva, 1986. 211 p. [in Russian]

10. Hrechyn E.H. Raschety neorientiruemykh komponovok dlya bureniya naklonnykh i horizontalnykh skvazhin. Tyumen: Neftenazovyy universitet, 2006. [in Russian]

11. Shreyner L.A. Fizicheskie osnovy mehaniki gornyykh porod. M.: Gostoptehizdat, 1950. 211p. [in Russian]

12. Yanturin R. A. Sovershenstvovanie metodov raschetov parametrov komponovok niza burilnoy kolonny i ih elementov dlya bezorientirovannogo bureniya: diss. na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tehnikeskikh nauk. Ufa, 2005. [in Russian]

13. Yaremychuk R.S., Rayhert L.A. Burenie stvolov bolshogo diametra. M.: Nedra. 1977. 174 p. [in Russian]